د.المهندس أحمد عامر الدليمي
هندسة الموارد المائية
العراق - الموصل

(فَسالَتْ أَوديةٌ بِقَدرِها)
إيجاد العلاقة بين المطر والسيح السطحي
باستخدام نظرية وحدة الهيدروغراف
(Unit Hydrograph)

بدأت الدراسات حول عملية تحويل السقيط إلى سيح سطحي منذ النصف الثاني من القرن التاسع عشر وبدأ العديد من الباحثين في إيجاد معادلات تمثل العلاقة بين المطر والسيح ولم تشتهر خلال الفترة السابقة سوى المعادلة المنطقية (Rational Formula) والتي أجراها الباحث الأمريكي Kuichling سنة ١٨٨٩ ، هذه المعادلة أو العلاقة استخدمت بشكل واسع في التطبيقات الهندسية لتقدير أقصى تصريف (أعلى تصريف)[1]، وفي عام ١٩٣٢ جاء العالم Sherman بنظريته الخارقة وطريقته الذكية في (إيجاد العلاقة بين المطر والسيح لحوض نهر معين) لتنال إعجاب الباحثين جميعاً في هذا المجال ، وقد هيمنت هذه الطريقة فيما بعد على ما سبقها من أفكار وطرق ومعادلات وعلاقات وضعت لهذا الغرض .

ثم ما لبثت هذه النظرية التطبيقية أن تشعبت ونالت الحظ الأوفر من البحث في موضوعات علم الهيدرولوجيا ، إذ لا نكاد اليوم نحصي الطرق التي استخدمت في تطبيق هذه النظرية والتي عرفت بـ (**نظرية وحدة الهيدروغراف Unit Hydrograph**) ونعني بمصطلح وحدة الهيدروغراف تغير تصاريف النهر مع الوقت لفترة زمنية محددة من الأمطار عندما يكون عمق المطر المؤثر وحدة عمق واحدة (سنتيمتراً أو إنجاً واحداً) ومن هنا جاءت تسمية وحدة الهيدروغراف ، وقد تنوعت هذه الطرق بتنوع البيانات والأنظمة المستخدمة في إيجاد العلاقة بين المطر والسيح .

تصنيف الطرق اعتماداً على نوعية البيانات المستخدمة :

يمكن تصنيف الطرق المستخدمة في اشتقاق وحدة الهيدروغراف اعتماداً على نوعية البيانات المستخدمة ، وكما يأتي :

١ . طرق استخدمت بيانات حوض النهر فقط في إيجاد العلاقة ، مثل طريقة (snyder) في سنة ١٩٣٨م (١) .

---

[1] جبوري ، صباح توما ، " علم المياه وادارة احواض الانهر " ، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل ، ١٩٨٨ / .

[1] Chow, V.T., Maidment, D.R. Mays, L.W. , " Applied Hydrology " , Mc Graw Hill Book Company , New York , (1988) , p. 572 .

٢ . طرق استخدمت بيانات الأمطار والتصاريف معاً في إيجاد العلاقة مثـل طريقة المربع الأدنى المستخدمة من قبل البـاحثين (Brune) و (Dooge) سـنة ١٩٨٤م (٢) .

٣ . طرق استخدمت بيانات التصاريف فقط ؛ كطريقة انتقاء الجذور المقترحة من قبل الباحثين الثلاثـة : (Turner , Dooge , Bree) سـنة ١٩٨٩م (٣) ، وطريقة انتقاء الجذور المطورة من قبلْ (الدليمي) (٤) .

٤ . طرق استخدمت بيانات حوض النهر وبيانات الأمطار ، أو بيانات حوض النهر وبيانات التصريف ، ومثالها طريقة مقترحة من قبل (الدليمي) (٥) ، والتـي تجمع بين طريقة انتقاء الجذور لـ ـ : (Turner , Dooge , Bree) المعتمـدة على بيانات التصاريف فقط ، وطريقة (snyder) المعتمدة على بيانـات حـوض النهر فقط ، في محاولة جديدة لتطوير طريقة انتقاء الجذور وتدارك الخطأ الـذي يمكن أن يظهر في النتائج ، وذلك باستخدام بيانات سهلة لحـوض النهـر يـسهل الحصول عليها (٦) .

ولا تخرج أية طريقة مبتكرة أو يمكن أن تبتكر في المـستقبل عـن حتميـة استخدام واحداً من هذه الاحتمالات المذكورة في اختيار البيانات لما تُحتمه عليهـا طبيعة وفرضيات هذه النظرية التطبيقية .

وفي أدناه رسم تخطيطي يوضح ما تم ذكره :

---

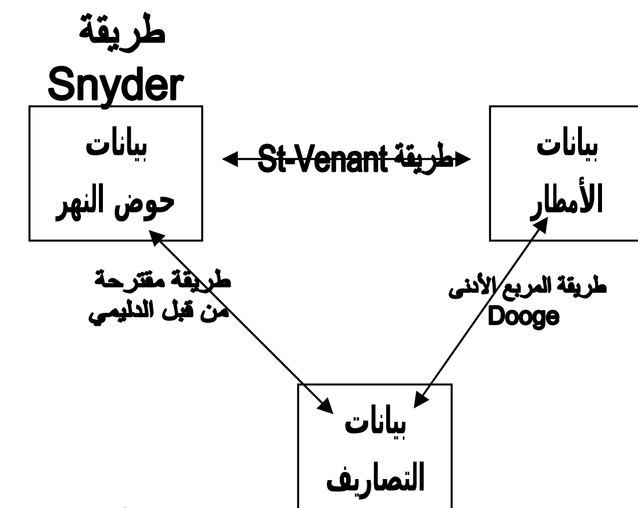
(٢) Brune M.; Dooge , H.C.I., " An Efficient and Robust Method for Estimating Unit Hydrograph Ordinates ", Journal of Hydrology , (1984) , Vol. 70 , p.p. 1-24 .

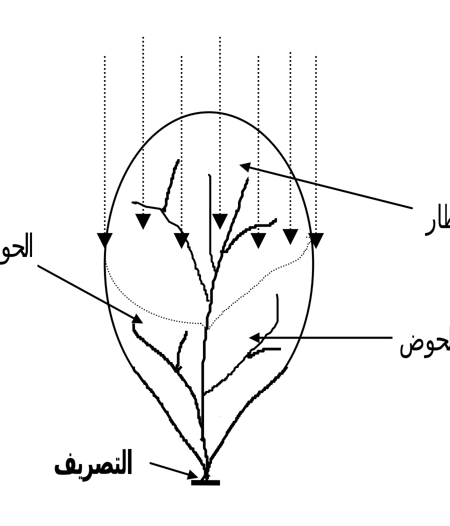
(٣) Turner , J.E. ; Dooge , J.C.I. ; Bree , T. , "Deriving the Unit Hydrograph by Root Selection ", Journal of Hydrology , (1989) , Vol. 110 , p.p. 137-152 .

(٤) الدليمي ، أحمد عامر : تطوير طريقة انتقاء الجذور لاشتقاق الهيدروغراف القياسـي – رسـالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، ١٩٩٥م .

(٥) المصدر نفسه .

(٦) المصدر نفسه .





طريقة انتقاء الجذور العادية (Turner)
والمعدلة من قبل
(الدليمي)

شكل رقم (١) : رسم تخطيطي يبين تصنيف الطرق المستخدمة في اشتقاق وحدة الهيدروغراف حسب استخدامها للبيانات ، والمستطيل المرسوم يظهر الطرق التي تستخدم نوعاً واحداً من البيانات فقط وهي المحصورة داخل المستطيل نفسه .

ونشير هنا إلى أن الطرق التي استخدمت بيانات الأمطار والتصاريف معاً ، والطرق التي استخدمت بيانات حوض النهر وحدها ، أو بالاشتراك مع بيانات الأمطار أو التصاريف ، جميع هذه الطرق تعطي نتائج جيدة ودقيقة إلى حد ما اعتماداً على نوع الطريقة . أما الطرق التي استخدمت بيانات التصاريف فقط ، مثل طريقة انتقاء الجذور لـ (Turner , Dooge , Bree) فكانت نتائجها غير جيدة ، والتي تم تطويرها ، وذلك بالاستعانة بفترة سقوط الأمطار لتعطي نتائج جيدة ودقيقة [(١)] .

تصنيف الطرق اعتماداً على نوعية الأنظمة المستخدمة :

كما ويمكن تصنيف الطرق المستخدمة في اشتقاق وحدة الهيدروغراف اعتماداً على نوعية النظام المستخدم ، وكما يأتي :

١. نظام الصندوق الأسود (Black – Box System) ، ويمثل لهذا النظام بطريقة المربع الأدنى للباحث (Dooge) .

---

(١) الدليمي ، أحمد عامر : تطوير طريقة انتقاء الجذور لاشتقاق الهيدروغراف القياسي - رسالة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، ١٩٩٥م .

٢. النماذج المفاهيمية أو الافتراضية (Conceptual model) ، ويمثل لهذا النظام بطريقة (Nash) وطريقة (O'Conner) [٢] .

٣. معادلات الفيزياء الرياضية ، ويمثل لها بمعادلات (St – Venant) في إيجاد السيح السطحي [٣] .

وهناك في الواقع العملي طيف من النماذج المطروحة لحل مسألة وحدة الهيدروغراف أو الهيدروغراف القياسي وإيجاد بيانات السيح السطحي تتناسب مع الحالات المختلفة من أحواض الأنهر والأمطار الساقطة عليها ، تتراوح هذه النماذج من التحليل الصرف لنظام الصندوق الأسود ؛ والذي لا يعتمد افتراضات فيزياوية ، إلى طريقة تحليل بالغة التعقيد ، والتي تنتمي لنظريات الفيزياء الرياضية .

ما جاء في القرآن الكريم بخصوص العلاقة بين المطر والسيح السطحي :

لقد اجرينا احصائية على عدد الآيات التي ورد فيها ذكر المطر النازل من السماء فتبين ان هناك خمسين آية ، آيتان فقط من هذه الآيات ذكرت العلاقة بين المطر والسيح وكل منهما تناولت الموضوع بطريقة تختلف عن الطريقة الاخرى.
والآيتان هما :

١- قوله تعالى في سورة الانعام الآية ٦ :
﴿ أَلَمْ يرَوْا كَمْ أَهْلَكْنَا مِنْ قَبْلِهِمْ مِنْ قَرْنٍ مَكنَاهُمْ في الْأَرْضِ ما لَمْ نُمكنْ لَكُمْ وَأَرْسَلْنَا السماء عَلَيْهِمْ مِدْرَاراً وجعلْنَا الْأَنْهار تَجْرِي مِنْ تَحْتِهِمْ فَأَهْلَكْنَاهُمْ بِذُنُوبِهِمْ وَأَنْشَأْنَا مِنْ بعْدِهِمْ قَرْناً آخَرِين ﴾ (الأنعام:٦) .

٢- قوله تعالى في سورة الرعد الآية ١٧ :
﴿ أَنْزَلَ مِن السماء ماء فَسالَتْ أَوْدِيةٌ بِقَدَرِها فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زبداً رابياً ومما يوقدون عَلَيْه في النارِ ابْتغَاء حِلْية أَوْ متَاعٍ زبد مثْلُه كَذَلِك يضْرِب الله الْحق والْباطلَ فَأَما الزبد فَيذْهب جفَاء وَأَما ما ينْفَع الناس فَيمْكُثُ في الْأَرْضِ كَذَلِك يضْرِب الله الْأَمْثَالَ﴾ (الرعد:١٧) .

وكما يظهر فإن الآية الاولى من سورة (الانعام / ٦) تناولت ذكر الامطار وجري الانهار التي تمثل البيانات الرئيسة في الطرق التي تستخدم بيانات الامطار والتصاريف معا انظر شكل (١) ، اما الآية الثانية من سورة (الرعد / ١٧) فقد ذكرت الامطار ثم تصف حوض النهر في قوله تعالى ﴿ فَسالَتْ أَوْدِيةٌ بِقَدَرِها﴾ ثم تذكر التصريف النهري ، فيقول تعالى ﴿ فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ ﴾ وقد تناولت هذه الآية جميع البيانات التي تستخدمها الطرق

(٢) المصدر نفسه .

(٣) المصدر نفسه .

جميعاً انظر شكل (١) مع التركيز بشكل رئيس على بيانات حوض النهر في قوله تعالى ﴿ فَسالَتْ أَوْدِيةٌ بِقَدَرِها ﴾ ولنا في هذا تفصيل .

شكل رقم (١) يبين العلاقة بين الآيتين الكريمتين بالطرق المختلفة من جهة وبالأنظمة المختلفة من جهة أخرى

مناقشة العلاقة بين الآية (١٧) من سورة الرعد ونظرية وحدة الهيدروغراف :

قال تعالى :﴿ فَسالَتْ أَوْدِيةٌ بِقَدَرِها فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ ﴾ فقد ذكر المفسرون بـأن المقصود بالآية الكريمة أن تسيل هذه الأودية بمقدار طاقتها وحاجتها ، وهذا قـول صحيح على وجه العموم ، إلاّ أن هناك معنى أعمق وأدق فيه إشارة إلى نظريـة تعد من أهم نظريات علم المياه في قرننا هذا وهي نظرية وحدة الهيـدروغراف . ويمكن استخلاص جملة نقاط من خلال عقد مقارنة بين الآية (١٧) مـن سـورة الرعد ونظرية وحدة الهيدروغراف وكما يأتي:

١- ففي قوله تعالى ﴿ فَسالَتْ أَوْدِيةٌ ﴾ أطلق الفعل على الأودية ولم يطلقـه علـى الماء والذي يمثل بجريانه حقيقة الفعل ، فصور لنا هذا المجاز العقلي[(١)] علـى أن الماء يسيل على مساحة الوادي كلها ولم يقتصر سيلانه على مساحة محددة منه ، وهذا يعد شرطاً مهماً من شروط نظرية وحدة الهيدروغراف . فـالمطر يجب أن يكون موزعاً على مساحة حوض النهر كلها وبشكل منتظم . فصارت عبارة : (فَسالَتْ أَوْدِيةٌ) **كناية علمية** عن تحقق هذا الشرط[(١)] فتحـشد أذهـان المتخصصين في مجال الهايدرولوجيا والدارسين لموضوع (إيجاد العلاقة بين

[(١)] الدليمي ، أحمد عامر ، آيات الأنواء الجوية في القرآن الكريم – دراسة بلاغية ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٥ / ٢٩٩ .

[(١)] الدليمي ، أحمد عامر ، آيات الأنواء الجوية في القرآن الكريم – دراسة بلاغية ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٥ / ٢٩٩ .

المطر والسيح السطحي) إلى أهمية طبيعة الأودية التي تجمـع تلـك الميـاه ودورها الرئيس في رسم شكل هايدروغراف السيح ، فتتجلى فكـرة التركيـز على العامل المؤثر الأكبر في السيح الناتج عن الامطار وهو حـوض النهـر والذي يسمى هنا (الاودية) حيث ان وحدة الهيدروغراف تمثل دالـة لحـوض النهر فقط ، ولاتمثل بيانات الامطار في أي شكل من الاشكال .

٢- كما أن لفظ ﴿ فسالت ﴾ جاءت هنا لتعطي الصورة الحقيقية لحركـة المـاء ، فهي تتحرك على مساحة الوادي كلها حركة خفيفة فتجمع مياهها شـيئا فـشيئا إلى أن تصب في مجرى نهري واحد . ثم الأودية جميعها تجمع مياهها لتصب في مجرى نهر رئيسي . انظر شكل (٢) .

شكل رقم (٢) : يبين كيف ان الاودية تجمع مياهها لتصب في مجرى نهر رئيس واحد

٣- في قوله تعالى ﴿ بقدرها ﴾ إشارات منها :

أ . أن تحمل الأودية من الماء بمقدار ما يسقط عليها من مطر أو انها تحمـل من الماء الساقط من السماء على قدر ما تجمعه حدودها [حـدود حـوض النهر] . وذكر ابن عاشور : أن ذلك دال على تفاوت الأودية فـي مقـادير المياه التي تستوعبها [1].

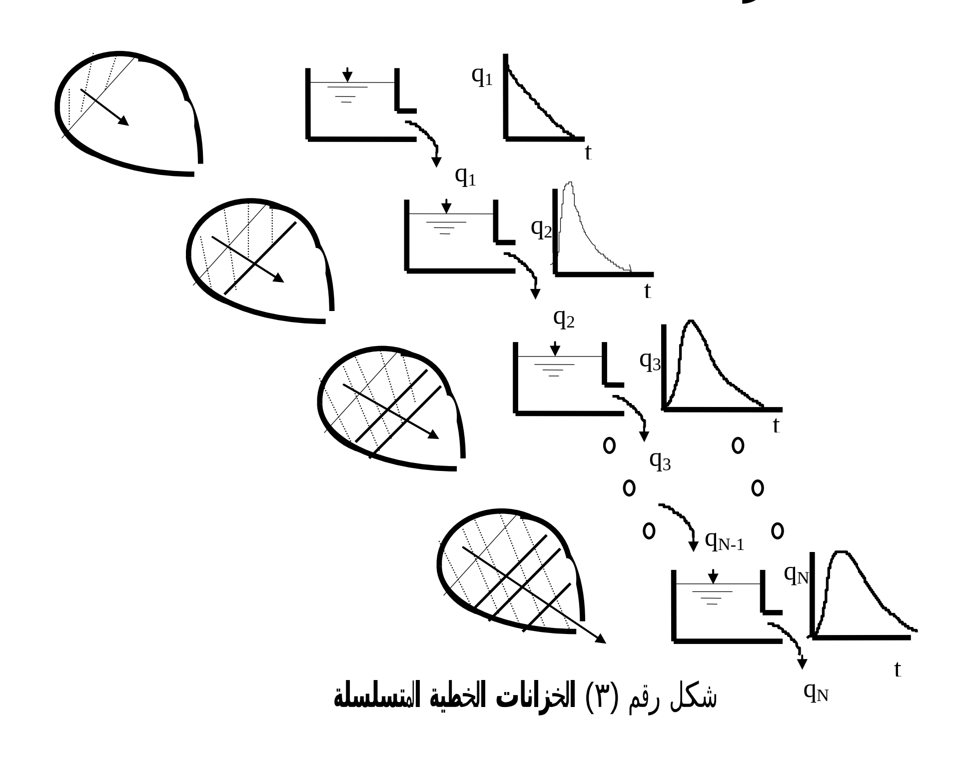
ب. إن لشكل حوض النهر وتغير ميله من موقع إلى آخر وتغير نوع التربـة من نقطة إلى أخرى فضلاً عن احتواء حوض النهر على الصهاريج والبرك التي يمكن أن تجمع الماء ، وغير ذلك من عوامل عديدة يتصف بها حوض النهر كل ذلك يكون له أثر كبير في تحديد مقدار التصريف النهري وكميـة المياه الجارية في المجرى النهري خلال فترة زمنية محددة . فكمـا أن الله تبارك وتعالى قد قدر مساحات وأحجام هذه الأودية فكـذلك قـدر أشـكالها

[1] ابن عاشور ، محمد الطاهر ، التحرير والتنوير ، الدار التونسية للنشر : ١٣ / ١١٨ .

وميولها وتفاوت نوعية تربتها وغير ذلـك مـن صـفات حـوض النهـر الطوبغرافية والتكوينية . فيكون في قوله تعالى : (بقدرها) احتراس يصرف الذهن إلى ما ذكرناه(٢) .

٤- جاء في الآية الكريمة كلمة ﴿ أودية ﴾ ومفردها (واد) ويمكن تعريفه بأنـه : (مساحة الأرض التي تجمع المياه باتجاه مجرى نهريٍ واحد ويسمى الـوادي اصطلاحا بحوض النهر أو الجابية التي تجبي الماء) . وقد جـاءت كلمـة ﴿ أودية ﴾ في الآية الكريمة بصيغة الجمع ولم تأت بصيغة المفرد كأن تقـول : (سال كل واد بقدره) مع أن (السيل) جاء في الآية الكريمة بصيغة المفرد فقال تعالى : ﴿ فاحتمل السيل زبداً رابياً ﴾ فالمعني يوحي بان الأودية قـد جمعـت الماء في مسيل واحد وفي هذا إشارة علمية أخرى إلى انه عـلـى الأغلـب أن يكون للنهر أكثر من واد يغذيه فنجد عادة أن للنهر عدة أودية يصب بعـضها في بعض وتصب الأودية كلها في المصب الأخير انظر الشكل (٢) ثم يجري النهر بحجمه النهائي .

هذه الفكرة تعد من أعظم الابتكارات في علم المياه والتي توصل إليها العـالم المعروف في هذا المجال Nash سنة ١٩٥٩(١١) وبنى عليها طريقته المعروفة في إيجاد كمية التصريف



شكل رقم (٣) الخزانات الخطية المتسلسلة

(٢) الدليمي ، أحمد عامر ، آيات الأنواء الجوية في القرآن الكريم – دراسة بلاغية ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٥ / ٢٩٩ .

النهري الناتجة من سقوط أمطار معينة على حوض ذلك النهـر حيـث مثّـلَ مساحة حوض النهر بسلسلة من أحواض الأنهر الصغيرة المتماثلة في الصفات الهيدرولوجية يصب بعضها في بعض ويمثل التصريف الخارج من الحـوض الأخير التصريف النهري الإجمالي انظر شكل (٣) .

٥. من أهم شروط وحدة الهيدروغراف أن السقيط يجب أن يكون مطراً فقط أمـا الثلج فلا يمكن تمثيله في وحدة الهيدروغراف . وهنا نشير إلى قولـه تعـالى: ﴿انزل من السماء ماء فسالت أودية﴾ أي انزل الله تعالى الماء وليس الـثلج أو البردْ بدليل قوله تعالى : ﴿فسالت﴾ وحرف العطف هنا (الفاء) ، وهو حرف يفيد الترتيب والتعقيب دون التراخي أي : من غير فترة زمنية بين العمليتين، فلو كان ثلجا لاحتاج الأمر إلى وقت لذوبانه ثم سيلانه ولأستلزم الأمر استخدام حرف عطف يفيد وجود فترة زمنية بين سقوط الثلج وذوبانه وسـيلانه كـأن يكون حرف العطف (ثم) الذي يفيد التراخي عند النحويين. وهكذا تؤكد الآيـة على أن النازل من السماء هو ماء وليس شيء آخر.

٦. في قوله تعالى : ﴿ أَنْزَلَ مِن السماء ماء فَـ ـسالَتْ أَوْديةٌ بِقَدَرِها فَـ ـ احْتَمـلَ السَّيْلُ ﴾

المطر حوض النهر التصريف

نلاحظ أن حرف الفاء قد تدخلَ مرتين في الآية الكريمة فجزأها إلـى ثلاثـة أجزاء :

الأول : يعبر عن المطر الساقط والمتمثل في قوله تعالى : ﴿ أَنْزَلَ مِن السماء ماء ﴾

الثاني : يعبر عن حوض النهر وعوامله المختلفة والمتمثل في قوله تعـالى : ﴿ فَسالَتْ أَوْديةٌ بِقَدَرِها ﴾ .

الثالث : يعبر عن التصريف الناتج (تصريف النهر) والمتمثل في قوله تعـالى : ﴿ احْتَمَلَ السَّيْلُ ﴾ .

وهذه العناصر الثلاثة تظهر واضحة في كل المعادلات التي تحـل مـشكلة تحويل المطر إلى سيح .

٧- إن الفكرة التي لمعت في ذهن Sherman سنة ١٩٣٢ التي كانت سـببا فـي اشتقاق وحدة الهيدروغراف تتمثل في تثبيت تأثير الأمطار والتي هي بالتأكيـد في حالته الطبيعية تكون متغيرة مع الزمن فجعلها تمثل وحدة عمـق واحـدة (١سم أو ١ إنج) في وحدة زمنية معينة (١ساعة أو ١يـوم) وهكـذا نـتج التصريف عن هذه الأمطار وحدة واحدة أيضاً وهذا التصريف أطلـق عليـه وحدة الهيدروغراف. وفي الآية الكريـمة في قوله تعالى : ﴿ أَنْـزلَ مـن السماء ماء ﴾ جاءت كلمة الماء هنا (نكرة) ولم تأت (معرفة) مما يثير فكرة إلغاء تأثير الماء عند حساب كمية التصريف الناتجة إضافة إلى إبـراز تـأثير

حوض النهر وصفاته في قوله تعالى : ﴿ فسالت أودية بقـدرها﴾ وهـذا مـا يتطابق وفكرة وحدة الهيدروغراف . فيكون في عبارة : (فسالت أودية بقدرها) كناية علمية عن إبراز أهمية حوض النهر أو الواد في تحديد شكل التـصريف الناتج عن ذلك الحوض أو الوادي [1]

أخيراً أقول: (كوني متخصصاً في موضوع وحدة الهيـدروغراف) أنـه لا يمكن أن يكون هناك أية معادلة أو علاقة عن وحدة الهيدروغراف خارجـة عـن حدود الآية الكريمة في قوله تعالى : **(أنْزلَ من السماء ماء فَسالتْ أوديةٌ بِقَـدرِها فَاحتَملَ السيلُ...)** ، والذي حتم هذا الأمر كون القرآن الكريم كـلام الله المعجـز وهو مرآة الكون .

[1] الدليمي ، أحمد عامر ، آيات الأنواء الجوية في القرآن الكريم – دراسة بلاغية ، رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٥ / ٢٩٩ .

أهم المصادر والمراجع :

أ . المصادر والمراجع العربية :

١- القرآن الكريم .
٢- جبوري ، صباح توما ، " علم المياه وادارة احواض الانهـر " ، دار الكتـب للطباعة والنشر، جامعة الموصل ، ١٩٨٨ .
٣- الدليمي ، احمد عامر ، " تطوير طريقة انتقاء الجذور لاشتقاق الهيدروغراف القياسي " ، اطروحة ماجستير ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، ١٩٩٥ .
٤- الدليمي ، احمد عامر ، " المياه في القرآن " ، كتاب معد للطبـع ، دار عـالم الكتب، بيروت ، لبنان .
٥- مجمع اللغة العربية ، المعجم الوسيط ، المكتبة العلمية ، طهران .
٦- النسفي ، عبد الله بن احمد بن محمود ، " تفسير النسفي " ، دار الكتاب العربي ، بيروت ، لبنان .

ب. المصادر والمراجع الاجنبية :

7- Brune M. ; Dooge , H. C. I. , "An Efficient and Robust Method for Estimating Unit Hydrograph Ordinates" , Journal of Hydrology, (1984), Vol. 70 , p.p. 1-24.
8- Chow, V. T. , Maidment, D. R. Mays, L. W. , "Applied Hydrology" , Mc Mraw Hill Book Company, New York, (1988), p. 572.
9- Delain, R. J. , "Deriving the Unit Hydrograph Without Using Rainfall Data" , Journal of Hydrology, (1970), Vol. 10, p. p. 379-390.
10- Dooge, J. C. I. , "Deterministic input - output models", Academic press, London, (1979).
11- Nash, J. E. ," Systematic determination of unit hydrograph parameters", J. Geophys Bes., (1959), 64 (1) : 111-115.
12- Turner, J. E. ; Dooge, J. C. I. , Bree, T. , "Deriving the Unit Hydrograph by Root Selection", Journal of Hydrology, (1989), Vol. (110), p. p. 137-152.